

Pemisahan Emulsi Minyak Dalam Air dengan Membran Berslot Mode Operasi Dead End

Putu Doddy Sutrisna

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik
Universitas Surabaya
Jalan Raya Kalirungkut Surabaya 60292
Email : pudod@ubaya.ac.id

Abstract

Oil contaminated water has been considered as a serious problem by many industries, including petroleum and food industries. Water, which has been used during production, can not be used again and can not be disposed into the body of water because they contain oil and other contaminants. Many methods have been used to separate oil from water, i.e. chemical demulsification, gravity sedimentation and centrifugation, pH adjustment method, and membrane technology. Among such methods, separation process using membrane has superior performance because membrane can produce high flow of product with consistent quality. But membrane suffered fouling during filtration and the permeate will be contaminated by oil particles because oil particles can deform through the pore of membrane. To overcome these problems, appropriate choice of membrane and operating condition are key factors in the utilization of membrane to separate oil from water. One such membrane that can be used to separate oil from water is slotted pore membrane, which has slotted array of pore and can be used in very low trans membrane pressure.

This research has investigated the influences of pore size of slotted membrane and concentration of emulsion on flux and oil rejection in a dead end mode. By varying the operational condition, we want to find the optimum filtration condition, which can give the highest flux and oil rejection. From experiment, it can be concluded that oil rejection will be better if we use smaller pore size of membrane, emulsion with higher stability, and very low trans membrane pressure.

Keywords : microfiltration, slotted membrane, dead end, oil-in-water emulsion

Pendahuluan

Saat ini, air yang mengandung minyak menjadi perhatian dari banyak industri karena hal ini menimbulkan berbagai masalah di berbagai bidang selama proses produksi. Contohnya adalah di industri perminyakan. Di industri perminyakan, air diumpankan ke minyak untuk membantu proses pengangkutan minyak mentah ke permukaan. Tetapi sayangnya, air bekas pakai ini akan timbul di permukaan sebagai air yang terkontaminasi minyak, sehingga tidak dapat lagi digunakan atau langsung dibuang ke badan air. Jadi emulsi minyak dalam air ini harus diolah sebelum akhirnya dibuang atau digunakan lagi. Secara umum, demulsifikasi digunakan untuk pengolahan air yang terkontaminasi oleh minyak. Demulsifikasi adalah suatu proses untuk memecah emulsi menjadi fase-fase komponennya. Demulsifikasi dapat dilakukan secara fisika dan kimia.

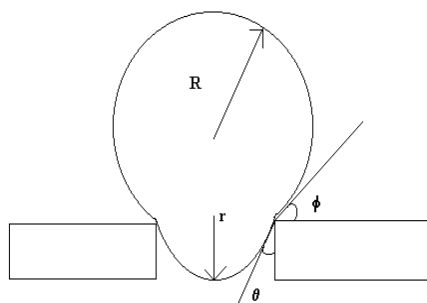
Demulsifikasi kimia dilakukan dengan mereaksikan atau mencampur suatu bahan kimia dengan emulsi. Sedangkan demulsifikasi fisika dilakukan salah satunya adalah pemisahan dengan menggunakan membran. Baru-baru ini, teknologi membran, khususnya mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi, dikenal secara cepat sebagai teknologi yang efektif untuk memisahkan minyak dari air karena teknologi ini dapat menghasilkan air murni dengan kualitas yang konsisten dan juga teknologi ini dapat mengolah emulsi minyak dalam air dengan partikel berdiameter kurang dari 5 mikron, yang tidak dapat diolah dengan hidrosiklon (Cumming dkk, 2000). Disamping keuntungan tersebut, pemisahan dengan membran mempunyai kerugian, misalnya adanya penyumbatan dan terjadinya polarisasi konsentrasi. Kekurangan teknologi ini dapat diatasi dengan melakukan sintesa membran yang memiliki kemampuan melakukan pemisahan di atas permukaan membran, bukan di dalam pori – pori membran atau lebih dikenal dengan *true surface filter* seperti yang telah dilakukan dalam penelitian ini.

*Jurusan Teknik Kimia Universitas Surabaya, phone +62312981255, fax +62312981178, email : pudod@ubaya.ac.id

Deformasi tetesan minyak di pori membran

Saat tetesan minyak melewati membran, maka tetesan tersebut tidak rigid (dapat berubah bentuk) dan memberikan tekanan terhadap pori membran. Deformasi dari tetesan minyak yang melewati pori membran akan mempengaruhi efisiensi total dari proses separasi karena tetesan minyak mengkontaminasi permeat.

Diagram skematik dari deformasi tetesan minyak melalui pori membran diberikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Skema tetesan minyak saat melewati pori membran

Di mana R adalah setengah diameter dari tetesan minyak, r adalah setengah diameter dari 'leading edge' (minyak yang telah mulai masuk ke bagian pori membran dan memiliki diameter yang lebih kecil dari sebelumnya) dari tetesan minyak, dan Φ adalah sudut kontak antara pori dan bagian bawah tetesan minyak. Deformasi dari setiap tetesan minyak dipengaruhi oleh tekanan transmembran dan laju alir umpan. Akan tetapi, ketika memfiltrasi emulsi minyak dalam air, distribusi ukuran tetesan minyak di emulsi umpan juga akan mempengaruhi deformasi dan perpindahan tetesan minyak, baik di permukaan maupun saat melewati pori membran. Derajat kehidrofilik-an suatu membran juga merupakan faktor penting dalam tingkat keberhasilan filtrasi minyak (Ochoa dkk, 2003).

Suatu membran baru, yang juga disebut filter *true surface*, yang secara khusus digunakan dalam pemisahan partikel minyak dari air telah diproduksi oleh para peneliti di Loughborough University (Holdich dkk, 2004). Membran jenis ini tidak memiliki struktur internal seperti membran polimerik pada umumnya, sehingga mekanisme pemisahan ditentukan oleh kemampuan membran tersebut untuk menahan partikel di permukaan. Tekanan yang dibutuhkan untuk mendorong liquid agar dapat melewati media juga relatif rendah. Sebuah filter *true surface* dibuat dengan suatu alat *track-etched*, yang mana substrat polimer dilunakkan

terlebih dahulu, lalu diikuti dengan tahap penggoresan (*etching*). Akan tetapi, filter *track-etched* hanya terbatas untuk polimer yang tipis (biasanya polycarbonate), memiliki pola pori yang tidak beraturan, dan terbatas pada total area pori dan ukuran filter keseluruhan yang cukup kecil. Untuk menanggulangi masalah ini, Holdich dkk telah mematenkan suatu prosedur untuk memproduksi mikrofilter baru dari logam, dengan filter slot yang memungkinkan membran untuk mempunyai lebar pori di bawah 1 mikron dan panjang slot 400 mikron. Permukaan filter logam *true surface* yang dikembangkan tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



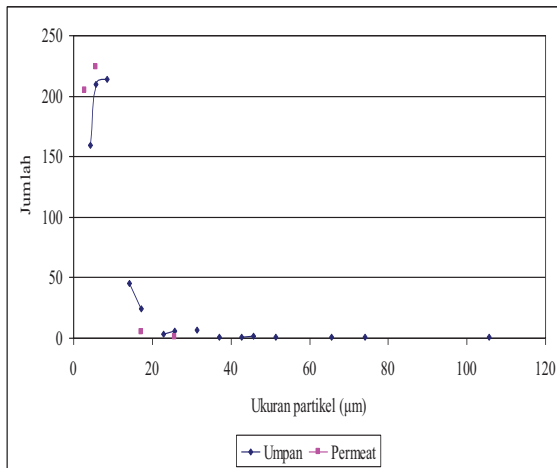
Gambar 2. Permukaan filter logam *true surface*

Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan beberapa variabel seperti ukuran pori membran serta konsentrasi emulsi kerosene dan crude oil dalam air. Penyiapan emulsi dilakukan dengan mencampurkan minyak dengan aquadest dengan konsentrasi minyak masing – masing sebesar 1000 dan 2000 ppm. Emulsi yang terbentuk kemudian dilewatkan melalui membran berslot dengan ukuran pori 34 dan 90 mikron di dalam suatu modul membran dead end. Analisa dilakukan terhadap fluks dan rejeksi minyak. Pengukuran fluks dilakukan dengan menghitung volume dan waktu yang dibutuhkan oleh permeat untuk melewati membran. Sedangkan rejeksi dilakukan dengan membandingkan tingkat kekeruhan dan COD dari umpan dan permeat yang dihasilkan. Analisa visual ukuran partikel minyak juga dilakukan dengan menggunakan mikroskop dan program komputer.

Hasil dan Pembahasan

Distribusi partikel



Gambar 3. Distribusi partikel pada emulsi kerosin dalam air dengan konsentrasi 2000 ppm yang dipisahkan dengan membran berpori 34 µm dan ΔP operasi 0,68 mbar

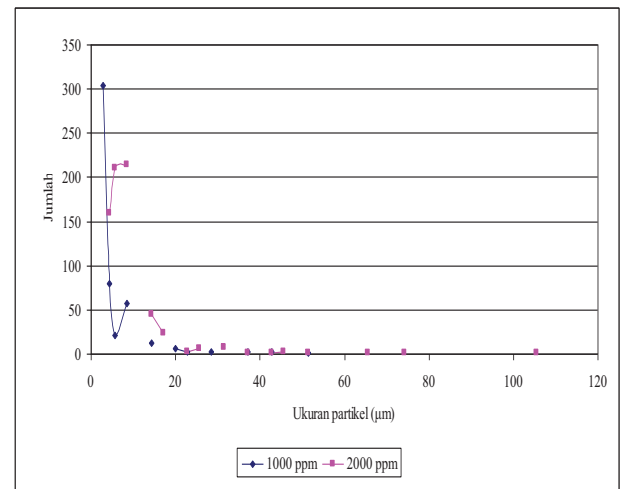
Dalam penelitian ini, dilakukan analisa distribusi ukuran partikel pada umpan dan permeat konsentrasi emulsi 2000 ppm menggunakan mikroskop. Pada umpan, distribusi ukuran partikel ada pada rentang 4 µm – 105 µm. Namun, pada permeat distribusi bergeser di rentang 2 µm – 25 µm. Dari gambar 3 jumlah partikel kerosin berukuran kecil yang ada di permeat semakin banyak. Sehingga dapat disimpulkan partikel kerosin tidak rigid yang ditandai dengan adanya deformasi partikel kerosin ketika melewati membran.

Ukuran dan jumlah partikel pada konsentrasi umpan

Perbedaan ukuran dan jumlah partikel kerosin dalam emulsi kerosin-air dapat dipengaruhi oleh kecepatan pengadukan dan konsentrasi umpan. Oleh sebab itu pada kecepatan pengadukan konstan, perbedaan konsentrasi umpan akan mempengaruhi perbedaan ukuran dan jumlah partikel kerosin dalam umpan juga. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini,



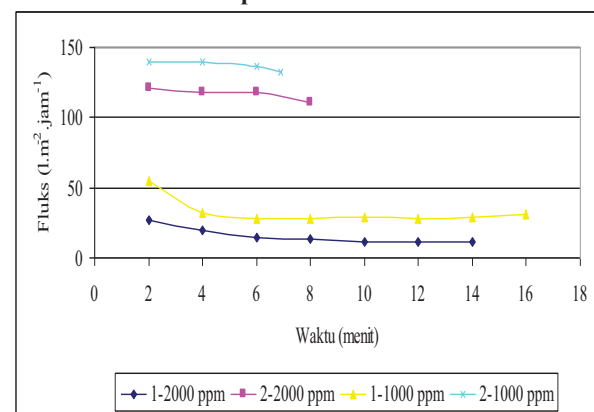
Gambar 4. Foto mikroskop partikel kerosin dalam air di umpan pada kecepatan pengadukan 1200 rpm (lingkaran merah : partikel kerosin) dengan Konsentrasi emulsi kerosin dalam air 1000 ppm



Gambar 5. Distribusi partikel kerosin dalam air pada konsentrasi umpan 1000 ppm dan 2000 ppm pada kecepatan pengadukan 1200 rpm

Dari gambar 5 terlihat pada konsentrasi emulsi 1000 ppm jumlah dan ukuran partikel kerosin lebih kecil daripada konsentrasi emulsi 2000 ppm. Selain itu, bila diamati dari gambar 5 partikel kerosin pada konsentrasi emulsi 1000 ppm cenderung berdistribusi di sisi ukuran partikel kecil sedangkan konsentrasi emulsi 2000 ppm area distribusinya lebih luas. Ukuran partikel kerosin terbesar pada konsentrasi 1000 ppm adalah 51 µm sedangkan pada konsentrasi 2000 ppm, 105 µm. Bila dilihat dari banyaknya, jumlah partikel kerosin 1000 ppm lebih sedikit yaitu 491 buah sedangkan partikel kerosin 2000 ppm 676 buah. Karena ukuran dan jumlah partikel kerosin yang lebih besar, emulsi kerosin dalam air konsentrasi 2000 ppm lebih tidak stabil daripada konsentrasi 1000 ppm.

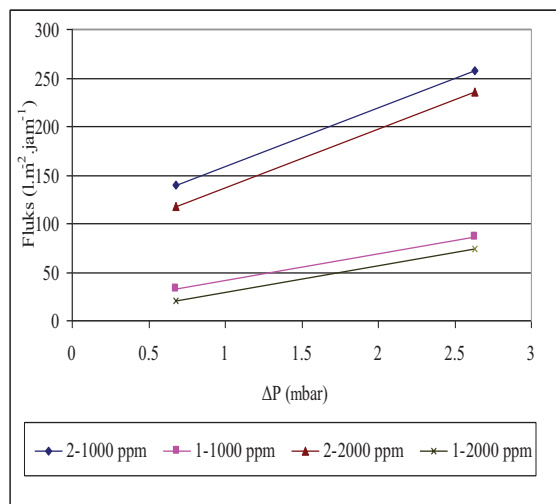
Analisa fluks terhadap waktu



Gambar 6. Fluks versus waktu permeat yang melewati membran logam pada beda tekanan 0,68 mbar. (indeks 1 : membran berpori 34 µm; 2 : membran berpori 90 µm)

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa, semakin lama nilai fluks akan cenderung semakin menurun. Nilai fluks permeat yang melewati membran berpori 34 μm pada konsentrasi umpan 1000 ppm berkisar antara 30,93 – 55,2 ($\text{l.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$), 2000 ppm sebesar 11,8 – 26,5 ($\text{l.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$). Sedangkan nilai fluks yang melewati membran berpori 90 μm pada konsentrasi umpan 1000 ppm berkisar antara 132 – 139 ($\text{l.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$), 2000 ppm sebesar 110 – 121 ($\text{l.m}^{-2}.\text{jam}^{-1}$). Hal yang sama juga terjadi pada variabel operasi yang lainnya. Pada saat awal proses mikrofiltrasi, belum ada deposit partikel yang berada di permukaan membran. Tetapi, semakin lama makin banyak partikel kerosin yang tertahan di permukaan membran sehingga akan terbentuk polarisasi konsentrasi yang akan menghalangi jalannya permeat melewati membran. Oleh sebab itu, semakin lama nilai fluks akan makin menurun. Adanya fluktuasi nilai fluks disebabkan karena polarisasi konsentrasi yang terbentuk tidak stabil akibat pengadukan di dalam *dead end*.

Pengaruh variabel operasi terhadap nilai fluks

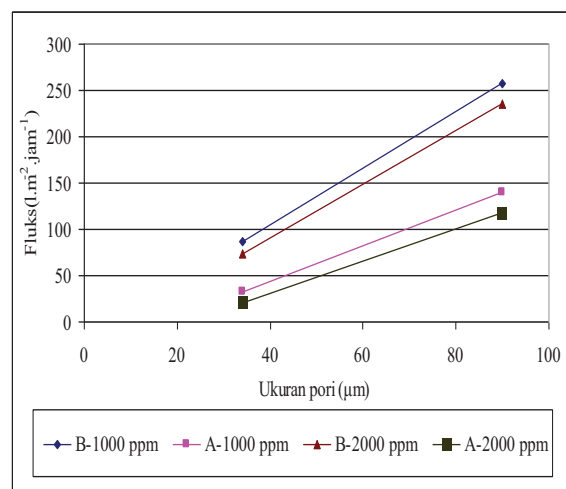


Gambar 7. Pengaruh beda tekanan terhadap nilai fluks (indeks 1 : membran berpori 34 μm ; 2 : membran berpori 90 μm)

Gambar 7 menunjukkan pengaruh yang diberikan beda tekanan terhadap nilai fluks. Terlihat semakin besar beda tekanan yang diberikan maka nilai fluks semakin meningkat untuk setiap variasi operasi. Beda tekanan adalah *driving force* proses mikrofiltrasi emulsi ini. Gambar diatas membuktikan semakin besar *driving force* (beda tekanan) maka nilai fluks akan semakin besar (berbanding lurus). Sesuai dengan rumus fluks berikut:

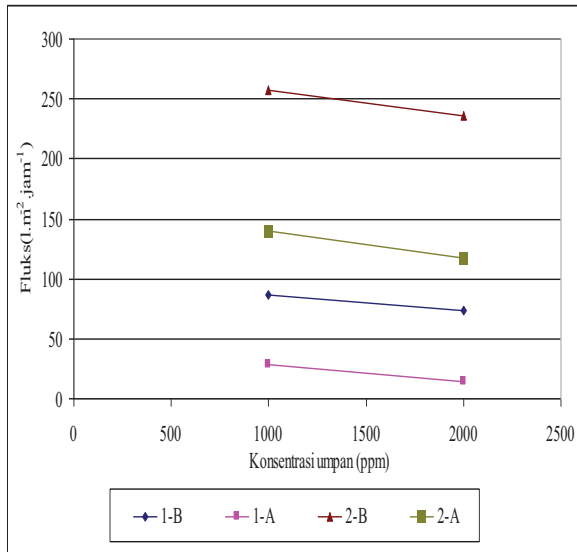
$$J = \frac{\Delta P}{\eta \cdot R_{\text{tot}}}$$

Rumus diatas menyatakan nilai fluks (J) berbanding lurus dengan beda tekanan (ΔP), dimana semakin besar beda tekanan maka nilai fluks yang diberikan semakin besar dan juga sebaliknya. Sedangkan R_{tot} menyatakan nilai tahanan total filtrasi yang terdiri dari tahanan membran, tahanan polarisasi konsentrasi, tahanan *pore blocking*, tahanan lapisan gel dan tahanan adsorpsi (*fouling*). η merupakan viskositas emulsi.



Gambar 8. Pengaruh ukuran pori membran terhadap nilai fluks (indeks A : 0,68 mbar; B : 2,63 mbar)

Gambar 8 menunjukkan pengaruh ukuran pori terhadap nilai fluks. Dari gambar diatas, nilai fluks pada membran logam dengan ukuran pori lebih besar (90 μm) selalu lebih tinggi dibanding membran berpori lebih kecil (34 μm). Ukuran pori mempengaruhi nilai dari tahanan membran, semakin besar ukuran pori maka nilai tahanan membran tersebut akan semakin kecil sehingga nilai fluks yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sesuai dengan rumus diatas nilai tahanan total yang lebih rendah menyebabkan laju fluks besar. Karena nilai tahanan total berbanding terbalik dengan nilai fluks. Hal ini menunjukkan nilai fluks berbanding lurus dengan ukuran pori membran logam pada proses mikrofiltrasi emulsi kerosin dalam air.

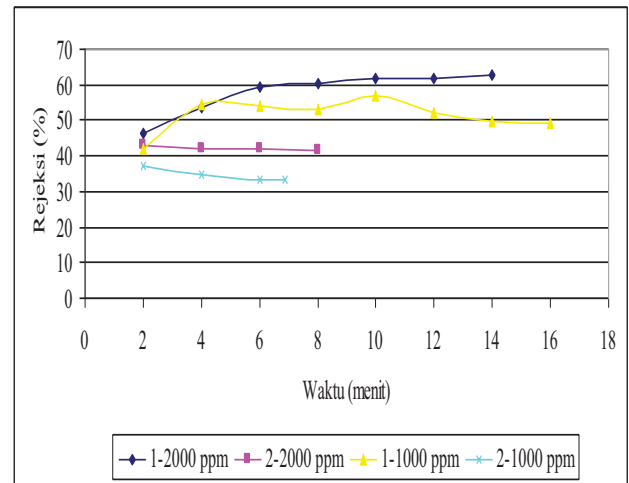


Gambar 9. Pengaruh konsentrasi umpan terhadap nilai fluks (indeks 1: pori 34 μm ; 2 : pori 90 μm ; A : 0,68 mbar; B : 2,63 mbar)

Gambar 9 menunjukkan pengaruh konsentrasi umpan terhadap fluks. Semakin besar konsentrasi umpan maka nilai fluks pada proses mikrofiltrasi akan semakin kecil. Semakin besar konsentrasi umpan menyebabkan polarisasi konsentrasi pada membran semakin tebal, kondisi polarisasi konsentrasi yang tebal disini membuat partikel minyak yang terkumpul diatas permukaan membran membentuk seolah-olah membran sekunder diatas permukaan membran (lapisan gel). Selain itu juga terjadi penyumbatan pori membran (*pore blocking*) oleh partikel kerosin. Kedua peristiwa tersebut menyebabkan baik partikel kerosin dan air semakin sulit melewati membran menjadi permeat. Berarti kenaikan konsentrasi menyebabkan nilai tahanan total filtrasi meningkat terutama tahanan *pore blocking*, adsorpsi dan polarisasi konsentrasi.

Selain ketiga tahanan tersebut kenaikan konsentrasi kerosin di umpan menyebabkan nilai viskositas meningkat. Hal ini dikarenakan sifat kerosin yang lebih viskos dibanding air, jadi semakin tinggi konsentrasi kerosin di emulsi maka nilai viskositas emulsi itu semakin besar juga. Akan tetapi karena perbedaan konsentrasi emulsi yang tidak berbeda jauh (1000 dan 2000 ppm) menyebabkan perbedaan nilai viskositasnya tidak berbeda jauh. Gambar 9 diatas menunjukkan hasil yang sama dimana pada semua variasi, nilai fluks pada konsentrasi umpan kerosin 2000 ppm selalu lebih rendah dibanding fluks konsentrasi umpan 1000 ppm.

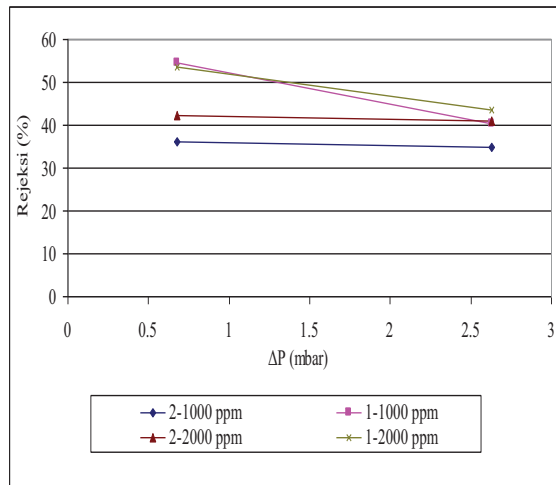
Analisa rejeksi terhadap waktu



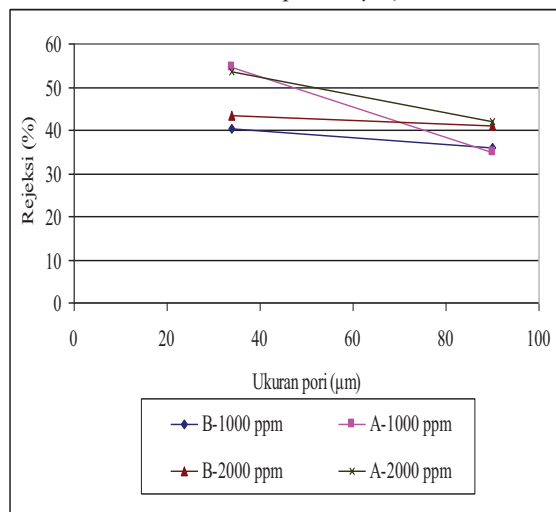
Gambar 10. Rejeksi versus waktu permeat yang melewati membran logam pada beda tekanan operasi 0,68 mbar. (indeks 1 : membran berpori 34 μm ; 2 : membran berpori 90 μm)

Pada membran berpori 34 μm semakin lama nilai rejeksi cenderung semakin meningkat karena semakin lama semakin banyak partikel kerosin yang menutupi permukaan membran (polarisasi konsentrasi). Sehingga polarisasi partikel kerosin yang berdeformasi dan lolos ke permeat semakin sedikit. Nilai rejeksi permeat yang melewati membran berpori 34 μm pada konsentrasi umpan 1000 ppm berkisar antara 41,9 % – 49,1 %, 2000 ppm sebesar 46,3 % – 62,6 %. Namun pada membran berpori 90 μm nilai rejeksi semakin lama semakin menurun karena, pori membran semakin besar semakin sedikit polarisasi partikel sehingga makin banyak pula partikel kerosin yang berdeformasi dan lolos ke permeat. Nilai rejeksi yang melewati membran berpori 90 μm pada konsentrasi umpan 1000 ppm berkisar antara 33,4% – 37,2% , 2000 ppm sebesar 41,3% - 42,9% Adanya fluktuasi nilai rejeksi disebabkan karena polarisasi konsentrasi yang terbentuk tidak stabil akibat adanya proses pengadukan di dalam *dead end*.

Pengaruh variabel operasi terhadap nilai rejeksi



Gambar 11. Pengaruh beda tekanan terhadap nilai rejeksi (indeks 1 : membran berpori 34 μm ; 2 : membran berpori 90 μm)

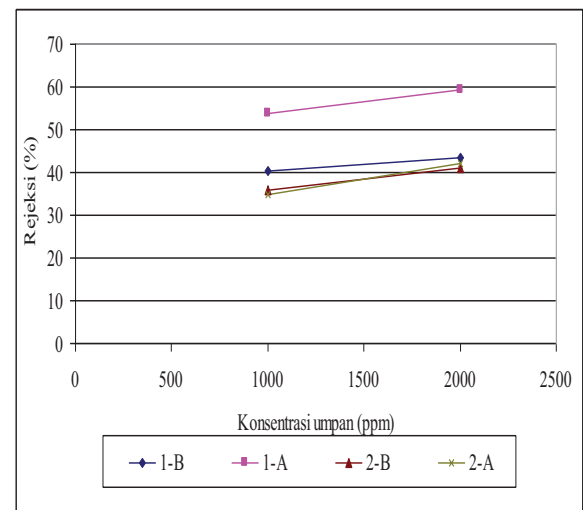


Gambar 12. Pengaruh ukuran pori terhadap nilai rejeksi (indeks A : 0,68 mbar; B : 2,63 mbar)

Gambar 11 menunjukkan pengaruh beda tekanan terhadap nilai rejeksi. Dari pembahasan sebelumnya telah diketahui semakin tinggi beda tekanan yang diberikan maka nilai fluks yang dihasilkan semakin besar. Nilai fluks yang tinggi akan lebih baik bila dibarengi nilai rejeksi yang baik pula. Akan tetapi dari gambar 11 diatas menunjukkan hal yang tidak demikian. Dari gambar terlihat semakin besar beda tekanan yang diberikan, nilai rejeksi yang dihasilkan akan semakin rendah untuk setiap variasi. Dari analisa hubungan nilai fluks dan rejeksi ini terlihat bahwa semakin besar *driving force*, yaitu beda tekanan maka tahanan dari filtrasi akan semakin rendah. Sifat partikel kerosin yang mudah berdeformasi menjadi partikel yang berukuran lebih kecil juga menyebabkan nilai rejeksi semakin rendah.

Partikel kerosin yang berdeformasi akan jauh lebih banyak pada kondisi diberi beda tekanan yang jauh lebih tinggi. Sehingga partikel kerosin yang lolos ke permeat semakin banyak

Gambar 12 menunjukkan pengaruh ukuran pori terhadap nilai rejeksi. Dari gambar terlihat nilai rejeksi pada ukuran pori 90 μm akan lebih rendah dibanding nilai rejeksi membran berpori 34 μm . Ukuran pori membran yang lebih besar menyebabkan partikel kerosin semakin mudah lolos melewati membran bersama permeat. Akibatnya nilai rejeksi akan semakin rendah.



Gambar 13. Pengaruh konsentrasi umpan terhadap nilai rejeksi (indeks 1: pori 34 μm ; 2 : pori 90 μm ; A : 0,68 mbar; B : 2,63 mbar)

Gambar 13 menunjukkan pengaruh konsentrasi umpan emulsi terhadap nilai rejeksi. Dari pembahasan pengaruh konsentrasi umpan terhadap nilai fluks diketahui pada konsentrasi umpan 2000 ppm kondisi *blocking* pada membran lebih banyak terjadi karena ukuran partikelnya lebih besar. Selain memperkecil nilai fluks, kondisi ini menyebabkan partikel kerosin semakin sulit lolos dari membran. Sehingga pada konsentrasi umpan 2000 ppm nilai rejeksi yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan dengan pada variasi konsentrasi umpan 1000 ppm yang lebih rendah.

Kesimpulan

Penelitian ini telah melakukan upaya untuk memisahkan emulsi minyak dalam air menggunakan membran berslot mode operasi *dead-end* ini. Ditinjau dari segi ukuran pori membran, proses mikrofiltrasi menggunakan membran berslot dengan lebar pori 34 μm memberikan % rejeksi yang lebih tinggi daripada membran dengan lebar pori 90 μm . Pembentukan

lapisan gel akibat deposit partikel minyak di pori membran menyebabkan penurunan harga fluks. Selama proses mikrofiltrasi berlangsung, terjadi deformasi tetesan minyak saat melewati pori membran yang dapat diamati secara visual dengan melakukan analisa ukuran partikel di dalam umpan dan permeat.

Daftar Pustaka

Cumming, I.W., Holdich, R.G., Smith, I.D., (2000), "The Rejection of Oil by Microfiltration of A Stabilised Kerosene/Water Emulsion",

Journal of Membrane Science, 169, 147-155.

Ochoa, N.A., Masuelli, M., Marchese, J., (2003), "Effect of Hydrophilicity on Fouling of an Emulsified Oil Wastewater with PVDF/PMMA Membranes", *Journal of Membrane Science*, 226, 203-211.

Holdich, R.G., Cumming, I.W., Kosvintsev, S.R., (2004), "Slotted Pore Microfilters for Oil/Water Filtration, Fractination and Aggressive Filtration Environments", *Membrane Technology*, March, 5-10.